

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 521 183 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **91111162.3**

(51) Int. Cl.⁵: **H02P 5/40, H02M 1/12**

(22) Anmeldetag: **04.07.91**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.01.93 Patentblatt 93/01

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: **Holtz, Joachim, Prof. Dr.-Ing.**
Am Forsthof 16
W-5600 Wuppertal 1(DE)
Erfinder: **Beyer, Bernd, Dipl.-Ing**
Ravensberger Strasse 13
W-5600 Wuppertal 1(DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung eines Grundschwingungsstrom-Raumzeigers eines gemessenen Ständerstrom-Raumzeigers.**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung (14) zur Bestimmung eines Grundschwingungsstrom-Raumzeigers (i_{s1}) eines gemessenen Ständerstrom-Raumzeigers (i_s) einer stromrichter- gespeisten Induktionsmaschine (2). Erfindungsgemäß wird in Abhängigkeit eines Steuerspannungs- Zeigers (u_{s1}^*) und eines gemessenen Ständerspannungs-Raumzeigers (u_s) ein Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger

$$\left(\underline{i}_{osw}' \right)$$

bestimmt, der in Abhängigkeit eines aus dem Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeigers

$$\left(\underline{i}_{osw}' \right)$$

und eines Grundschwingungsstrom-Raumzeigers (i_{s1}) berechneten Proportionalitätsfaktors (k) selbständig einem Oberschwingungsstrom-Istzeiger (i_{osw}) nachgeführt wird. Somit kann ein Grundschwingungsstrom-Raumzeigers (i_{s1}) eines gemessenen Ständerstrom-Raumzeigers (i_s) mit hoher Frequenzbandbreite bei Stromrichtern niedriger Schaltfrequenz schnell erfaßt werden.

EP 0 521 183 A1

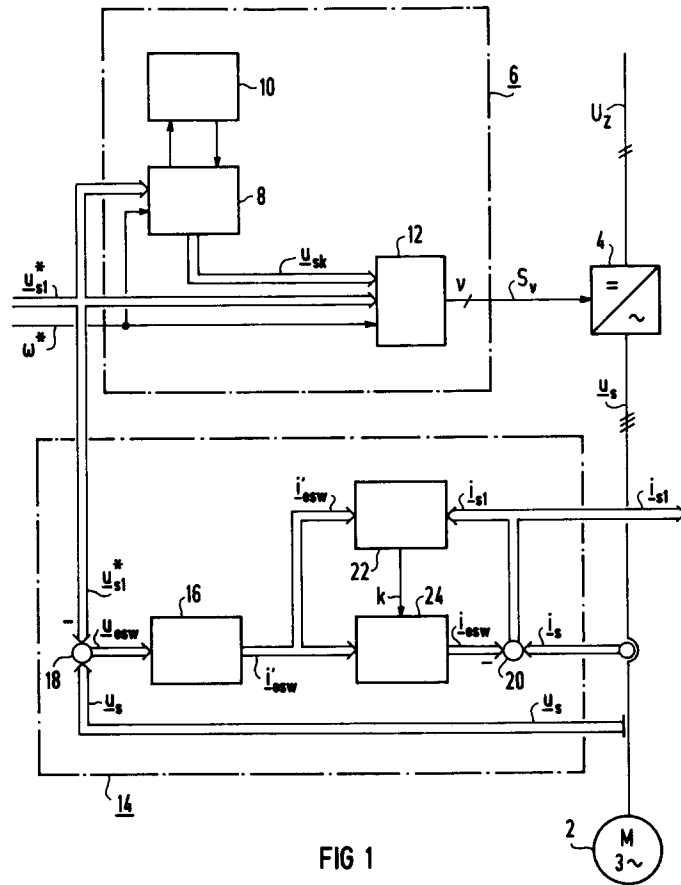


FIG 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung eines Grundswingungsstrom-Raumzeigers eines gemessenen Ständerstrom-Raumzeigers einer stromrichter- gespeisten Induktionsmaschine.

Beim Betrieb von Pulsstromrichtern in Drehstromantrieben großer Leistung ist man bemüht, die
 5 Schaltfrequenz gering zu halten, um die Höhe der Schaltverluste zu begrenzen. Dies geht allerdings zu Lasten erhöhter Verzerrungsströme auf der Drehstromseite. Die Folge sind erhöhte Verluste in der Maschine, höhere Spitzenwerte des Laststromes und höhere Drehmomentpulsationen.

Bei Stromrichtern, die mit niedriger Schaltfrequenz arbeiten, ist die Erfassung von Betrag und Phasen-
 10 winkel des Grundswingungsstrom-Raumzeigers mit hoher Frequenzbandbreite problematisch. Für eine Istwertrückführung für eine überlagerte Stromregelung wird eine schnelle Erfassung des Grundswingungsstrom-Raumzeigers benötigt.

Aus der internationalen Patentanmeldung WO 91/07810 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrektur eines ermittelten, fehlerbehafteten Istwertes eines überschwingungsbehafteten Signals bekannt. Das fehlerbehaftete Signal wird mittels einer integrierenden Istwert-Erfassungseinrichtung von einem ober-
 15 schwingungsbehafteten Signal ermittelt. Diese integrierende Istwert-Erfassungseinrichtung ist in der Zuleitung einer stromrichter- gespeisten Asynchronmaschine angeordnet. Die Schaltzustandssignale des Stromrichters werden mit Hilfe eines Modulators bzw. eines Steuersatzes aus einem überschwingungsfreien Stellsignal über eine approximierende Modulationsfunktion erzeugt. Aus diesem überschwingungsbehafteten Signal und dem überschwingungsfreien Stellsignal wird zunächst ein Oberschwingungssignal gewonnen,
 20 aus dem mittels eines Ersatzmodells der Regelstrecke und einer zweiten integrierenden Istwert-Erfassungseinrichtung fortlaufend Korrekturwerte (Mittelwerte der am Ausgang des Ersatzmodells anstehenden Modellsignals) ermittelt werden. Diese Korrekturwerte werden mittels eines Vergleichers von den ermittelten Istwerten des überschwingungsbehafteten Signals, die jeweils am Ende eines Torzeitintervalls am Ausgang der ersten integrierenden Istwert-Erfassungseinrichtung anstehen, abgezogen. Als Ersatzmodell für die
 25 Regelstrecke, bestehend aus einer stromrichter- gespeisten Asynchronmaschine, ist im einfachsten Fall eine Induktivität vorgesehen. Der Wert der Induktivität entspricht der Streuinduktivität der Asynchronmaschine.

Bei diesem Verfahren und dieser Vorrichtung zur Korrektur eines ermittelten fehlerbehafteten Istwertes eines überschwingungsbehafteten Signals ist vorausgesetzt worden, daß der Modellparameter (Streuinduktivität) konstant ist. Die tatsächliche Streuinduktivität ändert sich mit dem aktuellen Arbeitspunkt
 30 der Maschine, d.h., die Streuinduktivität kann sich als Folge der Sättigung schnell ändern.

Wird als Stromrichter für die Speisung einer Induktionsmaschine ein spannungseinprägender Umrichter verwendet, wird die Amplitude des Oberschwingungsstrom-Istzeigers von der Höhe der Zwischenkreisspannung beeinflusst.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit der
 35 fehlerfrei ein Grundswingungsstrom-Raumzeiger eines gemessenen Ständerstrom-Raumzeigers einer stromrichter- gespeisten Induktionsmaschine schnell erfaßt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und 7 bzw. 2 und 8 gelöst.

Bei diesem Verfahren wird in Abhängigkeit eines Steuerspannungs-Zeigers und eines gemessenen Ständerspannungs-Raumzeigers einer Induktionsmaschine zunächst ein Oberschwingungs-Modellstrom-
 40 Istzeiger bestimmt, der in Abhängigkeit eines errechneten Proportionalitätsfaktors selbständig einem Oberschwingungsstrom-Istzeigers nachgeführt wird. Dabei wird der Proportionalitätsfaktor mittels des bestimmten Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeigers und des bestimmten Grundswingungsstrom-Raumzeigers berechnet. Dadurch wird mittels des gemessenen Ständerspannungs-Raumzeigers, des gemessenen Ständerstrom-Raumzeigers und des Steuerspannungs-Zeigers ein ermittelter Oberschwingungs-
 45 Modellstrom-Istzeiger ständig einem wechselnden Arbeitspunkt der stromrichter- gespeisten Induktionsmaschine nachgeführt, so daß ein Grundswingungsstrom-Raumzeiger eines gemessenen Ständerstrom-Raumzeigers durch Subtraktion des geführten Oberstrom-Istzeigers vom gemessenen Ständerstrom-Raumzeiger ermittelt wird.

Der Vorteil dieses Verfahrens ist darin zu sehen, daß die Anpassung des im Modell berechneten
 50 Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeigers an den tatsächlichen Oberschwingungsstrom-Istzeigers über den berechneten Proportionalitätsfaktor selbständig nachgeführt wird. Außerdem können damit arbeitspunktabhängige Änderungen der Maschineninduktivität sowie Schwankungen der Zwischenkreisspannung ausgeglichen werden. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens und dieser Vorrichtung besteht darin, daß aus dem berechneten Proportionalitätsfaktor die Maschinenstreuinduktivität einfach bestimmt werden kann, weil der
 55 Proportionalitätsfaktor das Verhältnis des Modellparameters zum Maschinenparameter angibt. Dieser Vorteil kann genutzt werden, wenn bei einer übergeordneten Regelung beispielsweise der Parameter Maschinenstreuinduktivität verwendet werden muß.

Beim zweiten Verfahren und bei der zweiten Vorrichtung, die die Aufgabe erfindungsgemäß lösen, wird

anstelle des Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeigers ein Oberschwingungs-Modellstrom-Sollzeiger verwendet. Dieser Oberschwingungs-Modellstrom-Sollzeiger wird in Abhängigkeit des Steuerspannungs-Zeigers und einer Folge diskreter, komplexer Schaltzustands-Zeiger bestimmt, wobei diese Folge diskreter, komplexer Schaltzustands-Zeiger in Abhängigkeit des Steuerspannungs-Zeigers und der Drehfrequenz mittels
 5 eines ausgewählten optimierten Pulsmusters im Steuersatz der Induktionsmaschine bestimmt wird. Durch die Verwendung dieses Oberschwingungs-Modellstrom-Sollzeigers enthält der ermittelte Grundschriftungsstrom-Raumzeiger auch transiente Stromanteile. Außerdem wird gegenüber dem ersten Verfahren und der ersten Vorrichtung der Ständerspannungs-Raumzeiger nicht benötigt, so daß sich die Genauigkeit des Verfahrens erhöht.

10 Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der beiden erfindungsgemäßen Vorrichtungen zur Bestimmung des Grundschriftungsstrom-Raumzeigers eines gemessenen Ständerstrom-Raumzeigers ist jeweils als Vorrichtung ein Mikrocomputer vorgesehen, der vorteilhafterweise Bestandteil des Steuersatzcomputers sein kann.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der jeweils ein
 15 Ausführungsbeispiel einer ersten und einer zweiten Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch veranschaulicht sind.

Figur 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform einer ersten erfindungsgemäßen Vorrichtung und in

Figur 2 ist ein Blockschaltbild einer Ausführungsform einer zweiten erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt.
 20

Die Figur 1 zeigt eine dreiphasige Induktionsmaschine 2, die mittels eines Stromrichters 4, insbesondere eines Pulsstromrichters, aus einer Gleichspannungsquelle mit einer vorgegebenen Gleichspannung U_z gespeist wird. Die Schaltzustandssignale S_v , die die Stromrichterventile des Wechselrichters 4 steuern, werden in Abhängigkeit eines Steuerspannungs-Zeigers u_{s1}^* und einer Drehfrequenz ω^* mittels einer Vorrichtung 6 erzeugt. Die Anzahl der erzeugten Schaltzustandssignale S_v hängt von der Stromrichterschaltung des
 25 Wechselrichters 4 ab. Ist der Aufbau des Wechselrichters 4 eine Drehstrom-Brückenschaltung, so werden die Schaltzustandssignale S_1 , S_2 und S_3 erzeugt. Ist als Wechselrichter 4 ein Dreipunktwechselrichter vorgesehen, so werden die Schaltzustandssignale $S_1, \dots, S_6$ erzeugt. Für große Leistungen ist der Pulsstromrichter 4 ein Dreipunktwechselrichter, dessen Schaltfrequenz gering gehalten wird, um die Schaltverluste zu begrenzen.
 30

Der eingangsseitige Steuerspannungs-Zeiger u_{s1}^* der Vorrichtung 6, auch Steuersatz oder Modulator genannt, ist der Sollwert des Ständerspannungs-Raumzeigers u_s der Maschine 2, der als eine stetige Grundschriftungsgröße aufzufassen ist. Dieser Sollzeiger u_{s1}^* wird von einer übergeordneten Regeleinrichtung erzeugt, die aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt ist. Eine solche Regeleinrichtung kann
 35 beispielsweise nach dem Verfahren der Feldorientierung arbeiten. Die Drehfrequenz ω^* ist der Sollwert der Drehfrequenz des Motors 2.

Der Steuersatz 6 enthält einen Pulsweitenmodulator 8 mit zugeordnetem Speicher 10 und eine Einrichtung 12 zum Erzeugen von Schaltzustandssignalen S_v . Der eingangs am Steuersatz 6 anstehende Steuerspannungs-Zeiger u_{s1}^* wird dem Pulsweitenmodulator 8, der Einrichtung 12 und einer Vorrichtung 14
 40 zur Bestimmung eines Grundschriftungsstrom-Raumzeigers i_{s1} zugeführt. Die Drehfrequenz ω^* , die ebenfalls eine Eingangsgröße des Steuersatzes 6 ist, wird dem Pulsweitenmodulator 8 und der Einrichtung 12 zugeführt. Der Ausgang des Pulsweitenmodulators 8 ist einerseits mit einem Eingang der Einrichtung 12 zur Erzeugung der Schaltzustandssignale S_v verknüpft. Der Vorrichtung 14 wird außerdem der Meßwert des Ständerspannungs-Raumzeigers u_s zugeführt.

Im Speicher 10 des Steuersatzes 6 sind optimierte, grundschriftungssynchrone Pulsmuster abgespeichert, die nach einem Optimierungskriterium für stationäre Betriebspunkte unterschiedlicher Aussteuerung a_i offline vorausberechnet sind. Der Pulsweitenmodulator 8 dieses Steuersatzes 6 erzeugt nach Maßgabe des Spannungssollwert-Zeigers u_{s1}^* eine Folge diskreter, komplexer Schaltzustands-Zeiger u_{sk} , nachdem in Abhängigkeit von Betrag und Frequenz dieses Sollwertzeigers u_{s1}^* ein optimiertes Pulsmuster aufgerufen
 50 worden ist. Diese Folge diskreter, komplexer Schaltzustands-Zeiger u_{sk} wird der Einrichtung 12 zugeführt. In Abhängigkeit des Arguments des Sollwertzeigers u_{s1}^* bestimmt die Einrichtung 12 aus der Folge diskreter, komplexer Schaltzustands-Zeiger u_{sk} den aktuellen Schaltzustand. Außerdem rechnet die Einrichtung 12 die abgespeicherte und als Winkel normierte Pulsbreite in die tatsächliche Zeitdauer anhand der vorgegebenen Drehfrequenz ω^* um und gibt diese Schaltzustände als Schaltzustandssignal S_v zum Wechselrichter 4 aus.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des Modulators 6 sind die Bausteine 8, 10 und 12 durch einen
 55 Mikrocomputer mit nachgeschalteter Zähleranordnung mit Flip-Flops verwirklicht.

Die Vorrichtung 14 zur Bestimmung eines Grundschriftungsstrom-Raumzeigers i_{s1} enthält ein Maschinenmodell 16, zwei Differenzglieder 18 und 20, eine Recheneinheit 22 zur Bestimmung einer Proportionali-

tätskonstanten k und eine Anpaßeinrichtung 24 zur Nachführung eines Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeigers

$$\underline{i}'_{\text{osw}}$$

Dieses Maschinenmodell 16 ist jeweils ein Oberschwingungsersatzmodell der Regelstrecke, das aus einer umrichter gespeisten Induktionsmaschine 2 besteht. Im einfachsten Fall ist das Ersatzmodell eine Induktivität, deren Wert dem Wert der Streuinduktivität L_σ der Induktionsmaschine 2 entspricht. Das Maschinenmodell 16 ist eingangsseitig mit einem Ausgang des ersten Differenzglied 18 verknüpft, an dessen Plus-Eingang ein Meßwert des Ständerspannungs-Raumzeigers $\underline{u}_s$ und an dessen Minus-Eingang der Steuerspannungs-Zeiger $\underline{u}_{s1}^*$ anstehen. Ausgangsseitig ist dieses Maschinenmodell 16 einerseits mit der Recheneinheit 22 und andererseits mit der Anpaßeinrichtung 24 verknüpft. Ausgangsseitig ist die Anpaßeinrichtung 22 mit einem Minus-Eingang des zweiten Differenzgliedes 20 verbunden, an dessen Plus-Eingang ein gemessener Ständerstrom-Raumzeiger $\underline{i}_s$ der stromrichter gespeisten Induktionsmaschine 2 ansteht. Der Ausgang dieses zweiten Differenzbildners 20 ist einerseits mit einem weiteren Eingang der Recheneinheit 22 und andererseits mit einem Ausgang der Vorrichtung 14 verbunden. Ausgangsseitig ist nun noch die Recheneinheit 22 mit einem weiteren Eingang der Anpaßeinrichtung 24 verknüpft.

Mittels des Maschinenmodells 16 der Vorrichtung 14 wird ein Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger $\underline{i}_{\text{osw}}$ berechnet. Diese Berechnung stützt sich auf einen ermittelten Oberschwingungsspannungs-Istzeiger $\underline{u}_{\text{osw}}$, der mittels des ersten Differenzgliedes 18 aus dem Spannungssollwert-Zeiger $\underline{u}_{s1}^*$ und dem Meßwert des Ständerspannungs-Raumzeigers $\underline{u}_s$ erzeugt wird. Dieser Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger

$$\underline{i}'_{\text{osw}}$$

wird auf der Basis eines vereinfachten Modells der Induktionsmaschine 2 nach folgender Rechenvorschrift gebildet:

$$\underline{i}'_{\text{osw}}(t) = 1/L_\sigma \int_{-\infty}^t \underline{u}_{\text{osw}}(t) dt \quad (1)$$

Dieser berechnete Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger

$$\underline{i}'_{\text{osw}}$$

wird, wie bereits erwähnt, der Recheneinheit 22 und der Anpaßeinrichtung 24 zugeführt. In der Anpaßeinrichtung 24 wird dieser berechnete Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger

$$\underline{i}'_{\text{osw}}$$

an den tatsächlichen Oberschwingungsstrom-Istzeiger $\underline{i}_{\text{osw}}$ dadurch angepaßt, daß der Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger

$$\underline{i}'_{\text{osw}}$$

mit dem Proportionalitätsfaktor k multipliziert wird. Dabei wird von einem Proportionalitätsfaktor $k=1$ ausgegangen.

Der gemessene Ständerstrom-Raumzeiger $\underline{i}_s$ besteht im stationären Fall aus seinem Grundschwingungsstrom-Raumzeiger $\underline{i}_{s1}$ und dem Oberschwingungsstrom-Istzeiger $\underline{i}_{\text{osw}}$. Diesen Grundschwingungsstrom-Raumzeiger $\underline{i}_{s1}$ erhält man verzögerungsfrei durch eine Subtraktion, in dem vom gemessenen Ständerstrom-Raumzeiger $\underline{i}_s$ der Oberschwingungsstrom-Istzeiger $\underline{i}_{\text{osw}}$ subtrahiert wird. Ausge-

hend von einem Proportionalitätsfaktor $k=1$ entspricht der Oberschwingungsstrom-Istzeiger $\underline{i}_{osw}$ dem berechneten Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger

$$\underline{i}_{osw}^*$$

Den durch die Subtraktion erhaltenen Grundschriftungsstrom-Raumzeiger $\underline{i}_{s1}$ wird einerseits der Rechen-
einheit 22 und andererseits dem Ausgang der Vorrichtung 14 zugeführt.

Der Ansatz zur Bestimmung des Grundschriftungsstrom-Raumzeigers $\underline{i}_{s1}$ geht von folgender Gleichung aus:

$$\underline{i}_s = \underline{i}_{s1} + k \underline{i}_{osw}^* \quad (2)$$

Die Bestimmung des Proportionalitätsfaktors k bzw. des Korrekturfaktors k erfolgt aus dem berechneten Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger

$$\underline{i}_{osw}^*$$

und dem gemessenen Ständerstrom-Raumzeiger $\underline{i}_s$. Alle Berechnungen beziehen sich auf ein feldorientiertes Koordinatensystem, da hier im stationären Zustand der noch unbekannte Grundschriftungsstrom-Raumzeiger $\underline{i}_{s1}$ zu einer konstanten und zeitunabhängigen Größe wird.

Da Wertepaare für den gemessenen Ständerstrom-Raumzeiger $\underline{i}_s$ und den berechneten Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger

$$\underline{i}_{osw}^*$$

bekannt sind und der Grundschriftungsstrom-Raumzeiger $\underline{i}_{s1}$ als konstant angenommen wird, zeigt ein Vergleich der Gleichung (2) mit einer Geradengleichung, daß zur Bestimmung des Proportionalitätsfaktors k die Methode der linearen Regression verwendet werden kann. Nach der Aufspaltung der Gleichung (2) in die Raumzeigerkomponenten

$$i_{sr} = k \cdot i_{oswr} + i_{s1r} \quad (3)$$

und

$$i_{si} = k \cdot i_{oswi} + i_{s1i} \quad (4)$$

kann nun der Korrekturfaktor k durch die lineare Regression für beide Komponenten getrennt berechnet werden gemäß folgender Gleichung:

$$k_1 = \frac{N \cdot \sum (i_{oswr} \cdot i_{sr}) - \sum i_{oswr} \cdot \sum i_{sr}}{N \cdot \sum i_{oswr}^2 - (\sum i_{oswr})^2} \quad (5)$$

und

$$k_2 = \frac{N \cdot \sum (i_{oswi} \cdot i_{si}) - \sum i_{oswi} \cdot \sum i_{si}}{N \cdot \sum i_{oswi}^2 - (\sum i_{oswi})^2} \quad (6)$$

Da diese Faktoren in beiden Komponenten gleich sein müssen, liefert eine anschließende Mittelwertbildung den endgültigen Proportionalitätsfaktor

$$k = 0,5 \cdot (k_1 + k_2).$$

Mit diesem Proportionalitätsfaktor k und den bekannten Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger

$$\underline{i}'_{osw}$$

kann nun der Grundschwingungsstrom-Raumzeiger $\underline{i}_{s1}$, wie bereits erwähnt, folgendermaßen verzögerungsfrei bestimmt werden:

$$\underline{i}_{s1} = \underline{i}_s - k \cdot \underline{i}'_{osw}. \quad (7)$$

Wenn die Zwischenkreisspannung U_z eines Pulswechselrichters als konstant angenommen wird, beschreibt der Proportionalitätsfaktor k das Verhältnis der Modellstreuinduktivität $L_{\sigma M}$ zur Maschinenstreuinduktivität L_{σ} , so daß die Maschinenstreuinduktivität L_{σ} folgendermaßen bestimmt werden kann:

$$L_{\sigma} = L_{\sigma M}/k \quad (8)$$

Diese Korrektur der Strommessung und die Erfassung der Streuinduktivität kann bei jedem Steuerverfahren angewendet werden, welches es erlaubt, die Oberschwingungen des Stromes zu berechnen. Dies ist neben der Modulation mit optimierten Pulsmustern auch bei der Raumzeigermodulation der Fall.

Der Vorteil dieses Verfahrens ist darin zu sehen, daß die Anpassung der im Modell berechneten Stromoberschwingungen einem tatsächlichen Stromverlauf über dem Proportionalitätsfaktor k selbständig nachgeführt wird. Arbeitspunktabhängige Änderungen der Maschinenstreuinduktivität, sowie Schwankungen der Zwischenkreisspannung werden damit ausgeglichen.

Bei der zweiten Vorrichtung 14 zur Bestimmung des Grundschwingungsstrom-Raumzeigers $\underline{i}_{s1}$ wird anstelle der Berechnung des Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeigers

$$\underline{i}'_{osw}$$

aus einem aus dem Steuerspannungs-Zeiger $\underline{u}_{s1}^*$ und dem gemessenen Ständerspannungs-Raumzeiger $\underline{u}_s$ ermittelten Oberschwingungsspannungs-Istzeiger $\underline{u}_{osw}$ die Berechnung eines Oberschwingungs-Modellstrom-Sollzeigers

$$\underline{i}'_{oswstat}$$

verwendet. Dieser Oberschwingungs-Modellstrom-Sollzeiger

$$\underline{i}'_{oswstat}$$

wird in Abhängigkeit des Steuerspannungs-Zeigers $\underline{u}_{s1}^*$ und einer Folge diskreter, komplexer Schaltzustands-Zeiger $\underline{u}_{sk}$ des Steuersatzes 6 berechnet.

Der Oberschwingungs-Sollzeiger

$$\underline{i}'_{oswstat}(a_i)$$

wird auf der Basis eines vereinfachten Modells der Antriebsmaschine 2 nach folgender Rechenvorschrift gebildet:

$$\underline{i}'_{oswstat}(a_i) = 1/L_6 \int_0^t (\underline{u}_{sk}(a_i) - \underline{u}_{s1}(a_i)) dt + \underline{c} \quad (9)$$

mit $a_i = \text{konstant}$.
Dieses Signal

$$\underline{i}'_{oswstat}(a_i)$$

ist die Differenz der Spannungszeitflächen, die aus der für den stationären Betrieb bei Aussteuerung a_i optimierten Schaltfolge $\underline{u}_{sk}(a_i)$ und dem zu dieser Schaltfolge gehörigen Grundschiwingungsspannungs-Raumzeiger $\underline{u}_{s1}$ gebildet wird. Dabei ist a_i eine wertdiskrete, veränderliche Größe, die den für veränderliche Aussteuerung vorausberechneten optimierten synchronen Pulsmustern zuzuordnen ist. Die Integrationskonstante $\underline{c}$ bestimmt sich nach

$$\underline{c} = -1/T \int_{t-T}^t \frac{1}{L_6} \int_0^t (\underline{u}_{sk}(a_i) - \underline{u}_{s1}(a_i)) dt dt \quad (10)$$

Dies bedeutet, daß der Wert von Gleichung (9) den im speziellen Fall des stationären Betriebs auftretenden Spannungszeitflächenfehler repräsentiert. Es ist wichtig zu bemerken, daß sich die Auswertung von der Gleichung (9) ausschließlich auf die der Aussteuerung a_i zugeordnete stationäre Pulsfolge $\underline{u}_{sk}(a_i)$ bezieht. Sollte sich in einem nicht stationären Betriebszustand die Aussteuerung a_i des Pulsweitenmodulators 8 ändern, so wird die Gleichung (9) für die im Betrachtungszeitpunkt gültige Aussteuerung so berechnet, als besteuere der gleiche Aussteuerungswert in einem schon für längere Zeit andauernden Stationärzustand.

Dieser Oberschwingungs-Modellstrom-Sollzeiger

$$\underline{i}'_{oswstat}$$

wird wie der Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger

$$\underline{i}'_{osw}$$

der Recheneinheit 22 und der Anpaßeinrichtung 24 zugeführt. Die Berechnung des Proportionalitätsfaktors k und die Anpassung des Modellstrom-Sollwertes

$$\underline{i}'_{oswstat}$$

an den tatsächlichen Oberschwingungsstrom-Istzeiger i_{osw} ist gleich der Berechnung bei der ersten Vorrichtung 14. Deshalb sind auch gleiche Blöcke in den beiden Blockschaltbildern der Figuren 1 und 2 mit denselben Bezugszeichen versehen.

Der Vorteil dieser Vorrichtung zur Durchführung des zweiten erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, daß die Modellgröße

$$\underline{i}'_{oswstat}$$

ohne Zwischenberechnung des Oberschwingungsspannungs-Istzeigers $\underline{u}_{osw}$ in Abhängigkeit des

Steuerspannungs-Zeigers $\underline{u}_{s1}^*$ und des gemessenen Ständerspannungs-Raumzeigers $\underline{u}_s$ berechnet werden kann. Dazu wird neben dem Steuerspannungs-Zeiger $\underline{u}_{s1}^*$ eine bereits im Steuersatz 6 bestimmte Größe $\underline{u}_{sk}$ verwendet. Da der Oberschwingungs-Modellstrom-Sollwert

$$\underline{i}'_{oswstat}$$

anstelle des Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeigers

$$\underline{i}'_{osw}$$

verwendet wird, enthält der Grundswingungsstrom-Raumzeiger $\underline{i}_{s1}$ auch transiente Stromanteile.

Jeweils eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Vorrichtung 14 nach Figur 1 und 2 ist die Verwendung eines Mikrocomputers, dem die Signale $\underline{u}_{s1}^*$, $\underline{i}_s$ und $\underline{u}_s$ bzw. $\underline{u}_{s1}^*$, $\underline{u}_{sk}$ und $\underline{i}_s$ zuzuführen sind. Da der Steuersatz 6 in seiner bevorzugten Ausführungsform ebenfalls ein Mikrocomputer ist und die zweite Vorrichtung 14 gemäß Figur 2 ein im Steuersatz 6 bereits bestimmtes Signal $\underline{u}_{sk}$ verwendet, bietet es sich an, entweder die Bestimmung des Grundswingungsstrom-Raumzeigers $\underline{i}_{s1}$ zusätzlich vom Mikrocomputer des Steuersatzes 6 durchführen zu lassen, oder einen Mikrocomputer vorzusehen, der die Aufgabe des Steuersatzes 6 und der Vorrichtung 14 nach den Figuren 1 und 2 bewerkstelligen kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Grundswingungs-Raumzeigers ($\underline{i}_{s1}$) eines gemessenen Ständerstrom-Raumzeigers ($\underline{i}_s$) einer stromrichter gespeisten Induktionsmaschine (2), deren Schaltzustandssignale (S_v) in Abhängigkeit eines Steuerspannungs-Zeigers ($\underline{u}_{s1}^*$) und einer Drehfrequenz (ω^*) erzeugt werden, wobei in Abhängigkeit dieses Steuerspannungs-Zeigers ($\underline{u}_{s1}^*$) und eines gemessenen Ständerspannungs-Raumzeigers ($\underline{u}_s$) der Induktionsmaschine (2) ein Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger

$$(\underline{i}'_{osw})$$

bestimmt wird, der in Abhängigkeit eines berechneten Proportionalitätsfaktor (k) selbständig einem Oberschwingungsstrom-Istzeiger ($\underline{i}_{osw}$) nachgeführt wird, wobei der Proportionalitätsfaktor (k) mittels des bestimmten Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeigers

$$(\underline{i}'_{osw})$$

und des bestimmten Grundswingungsstrom-Raumzeigers ($\underline{i}_{s1}$) berechnet wird.

2. Verfahren zur Bestimmung eines Grundswingungsstrom-Raumzeigers ($\underline{i}_{s1}$) eines gemessenen Ständerstrom-Raumzeigers ($\underline{i}_s$) einer stromrichter gespeisten Induktionsmaschine (2), deren Schaltzustandssignale (S_v) in Abhängigkeit eines Steuerspannungs-Zeigers ($\underline{u}_{s1}^*$) und einer Drehfrequenz (ω^*) erzeugt werden, wobei in Abhängigkeit des Steuerspannungs-Zeigers ($\underline{u}_{s1}^*$) und der Drehfrequenz (ω^*) mittels eines ausgewählten optimierten Pulsmusters eine Folge diskreter, komplexer Schaltzustands-Zeiger ($\underline{u}_{sk}$) bestimmt wird, wobei in Abhängigkeit dieser Folge diskreter, komplexer Schaltzustands-Zeiger ($\underline{u}_{sk}$) und des Steuerspannungs-Zeigers ($\underline{u}_{s1}^*$) ein Oberschwingungs-Modellstrom-Sollwert

$$(\underline{i}'_{oswstat})$$

ermittelt wird, der in Abhängigkeit eines berechneten Proportionalitätsfaktor (k) selbständig einem Oberschwingungsstrom-Istzeiger ($\underline{i}_{osw}$) nachgeführt wird, wobei der Proportionalitätsfaktor (k) mittels des bestimmten Oberschwingungs-Modellstrom-Sollzeigers ($\underline{i}'_{oswstat}$) und des bestimmten Grundswingungsstrom-Raumzeigers ($\underline{i}_{s1}$) berechnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeiger

$$(\underline{i}'_{osw})$$

gemäß folgender Gleichung:

$$\underline{i}'_{osw}(t) = 1/L \int_{-\infty}^t \underline{u}_{osw}(t) dt$$

mit $\underline{u}_{osw} = \underline{u}_{s1}^* - \underline{u}_s$

berechnet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Oberschwingungs-Modellstrom-Sollzeiger

$$(\underline{i}'_{oswstat})$$

gemäß folgender Gleichung:

$$\underline{i}'_{oswstat}(a_i) = 1/L \int_0^t (\underline{u}_{sk}(a_i) - \underline{u}_{sl}(a_i)) dt + \underline{c}$$

mit

a_i = const. = Aussteuerung

$\underline{c}$ = Integrationskonstante

$\underline{u}_{osw} = \underline{u}_{s1}^* - \underline{u}_s$

berechnet wird, wobei die Integrationskonstante ($\underline{c}$) gemäß folgender Gleichung:

$$\underline{c} = -1/T \int_{t-T}^t 1/L \int_0^t (\underline{u}_{sk}(a_i) - \underline{u}_{sl}(a_i)) dt dt$$

bestimmt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Proportionalitätskonstante (k) das arithmetische Mittel einer berechneten realen und imaginären Konstanten (k_1, k_2), die jeweils unter Verwendung der Methode der linearen Regression bestimmt werden, ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die reale Komponente (k_1) gemäß folgender Gleichung:

$$k_1 = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^N (i_{oswr} \cdot i_{sr}) - \sum_{i=1}^N i_{oswr} \cdot \sum_{i=1}^N i_{sr}}{N \cdot \sum_{i=1}^N i_{oswr}^2 - \left(\sum_{i=1}^N i_{oswr} \right)^2}$$

und die imaginäre Komponente (k_2) gemäß folgender Gleichung:

$$k_2 = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^N (i_{oswl} \cdot i_{sl}) - \sum_{i=1}^N i_{oswl} \cdot \sum_{i=1}^N i_{sl}}{N \cdot \sum_{i=1}^N i_{oswl}^2 - \left(\sum_{i=1}^N i_{oswl} \right)^2}$$

jeweils berechnet werden.

7. Vorrichtung (14) zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einem Steuersatz (6) für einen Stromrichter (4) mit ausgangsseitig angeschlossener Induktionsmaschine (2), wobei eingangsseitig am Steuersatz (6) ein Steuerspannungs-Zeiger (u_{s1}^*) und eine Drehfrequenz (ω^*) anstehen, **dadurch gekennzeichnet**, daß dieser Vorrichtung (14) eingangsseitig der Steuerspannungs-Zeiger (u_{s1}^*), ein gemessener Ständerspannungs-Raumzeiger (u_s) und ein gemessener Ständerstrom-Raumzeiger (i_s) zugeführt werden, daß der gemessene Ständerspannungs-Raumzeiger (u_s) einem positiven Eingang eines ersten Differenzbildners (18) zugeführt ist, an dessen negativem Eingang der Steuerspannungs-Zeiger (u_{s1}^*) ansteht und dessen Ausgang über ein Maschinenmodell (16) einerseits mit einer Recheneinheit (22) zur Bestimmung der Proportionalitätskonstanten (k) und andererseits mit einer Anpaßeinrichtung (24) zur Nachführung eines Oberschwingungs-Modellstrom-Istzeigers

$$(i'_{osw})$$

verbunden ist, daß die Recheneinheit (22) ausgangsseitig mit der Anpaßeinrichtung (24) verbunden ist und daß der gemessene Ständerstrom-Raumzeiger (i_s) einem positiven Eingang eines zweiten Differenzbildners (20) zugeführt ist, an dessen negativem Eingang ein erzeugter Oberschwingungsstrom-Zeiger (i_{osw}) ansteht und dessen Ausgang einerseits mit einem weiteren Eingang der Recheneinheit (22) und andererseits mit einem Ausgang der Vorrichtung (14) verknüpft ist.

8. Vorrichtung (14) zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einem Steuersatz (6) für einen Stromrichter (4) mit ausgangsseitig angeschlossener Drehstrommaschine (2), wobei eingangsseitig am Steuersatz (6) ein Steuerspannungs-Zeiger (u_{s1}^*) und eine Drehfrequenz (ω^*) anstehen, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Steuerspannungs-Zeiger (u_{s1}^*) und eine an einem Ausgang des Steuersatz (6) anstehende Folge diskreter, komplexer Schaltzustands-Zeiger (u_{sk}) einem Maschinenmodell (16) zugeführt sind, das ausgangsseitig einerseits mit einer Recheneinheit (22) zur Bestimmung der Proportionalitätskonstante (k) und andererseits mit einer Anpaßeinrichtung (24) zur Nachführung eines Oberschwingungs-Modellstrom-Sollzeigers

$$(i'_{oswstat})$$

verbunden ist, daß die Recheneinheit (22) ausgangsseitig mit der Anpaßeinrichtung (24) verbunden ist und daß der gemessene Ständerstrom-Raumzeiger (i_s) einem positiven Eingang eines Differenzbildners (20) zugeführt ist, an dessen negativem Eingang ein erzeugter Oberschwingungsstrom-Zeiger (i_{osw}) ansteht und dessen Ausgang einerseits mit einem weiteren Eingang der Recheneinheit (22) und andererseits mit einem Ausgang der Vorrichtung (14) verknüpft ist.

9. Vorrichtung (14) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Maschinenmodell (16) ein Integrator vorgesehen ist.
10. Vorrichtung (14) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Mikrocomputer vorgese-

hen ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

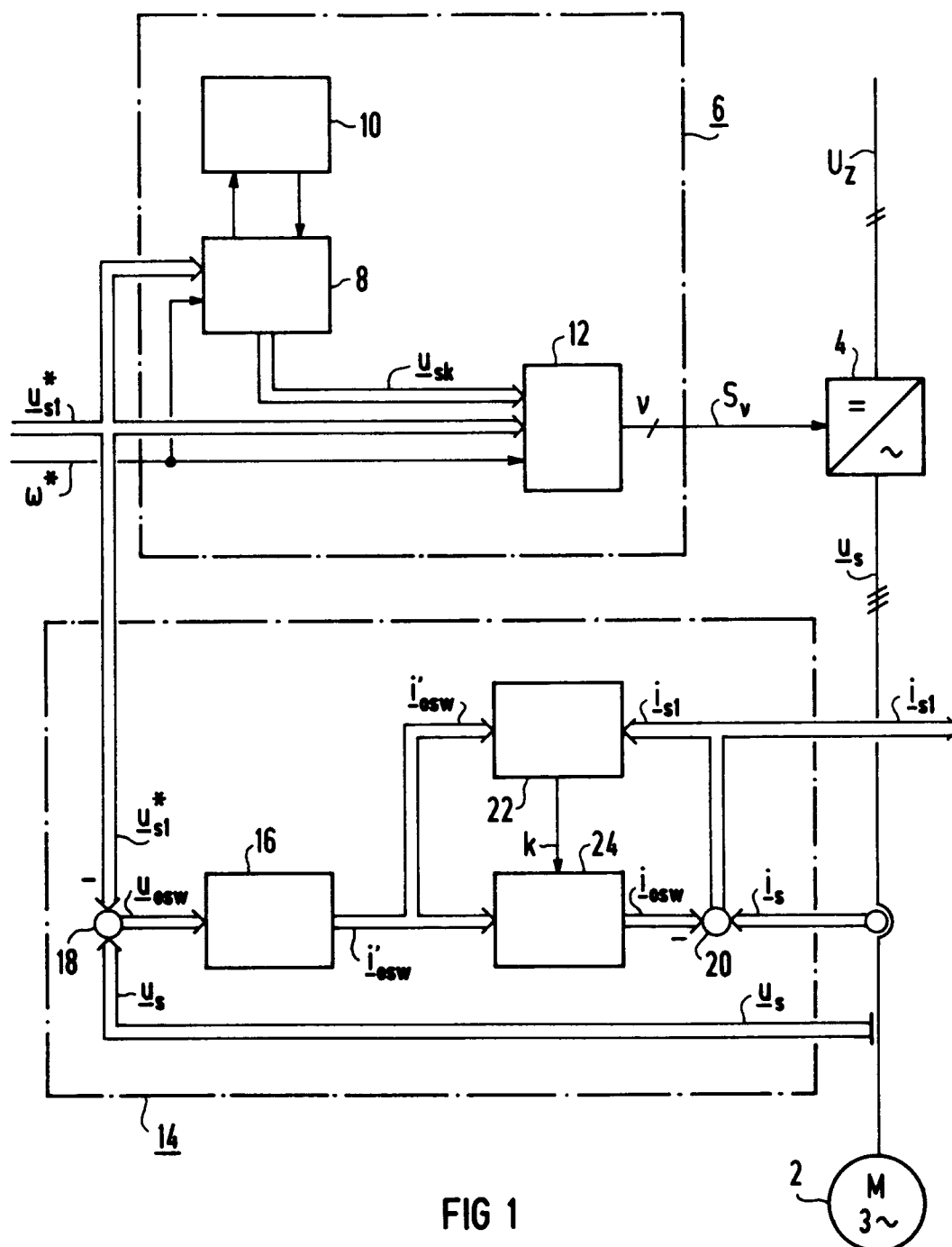


FIG 1

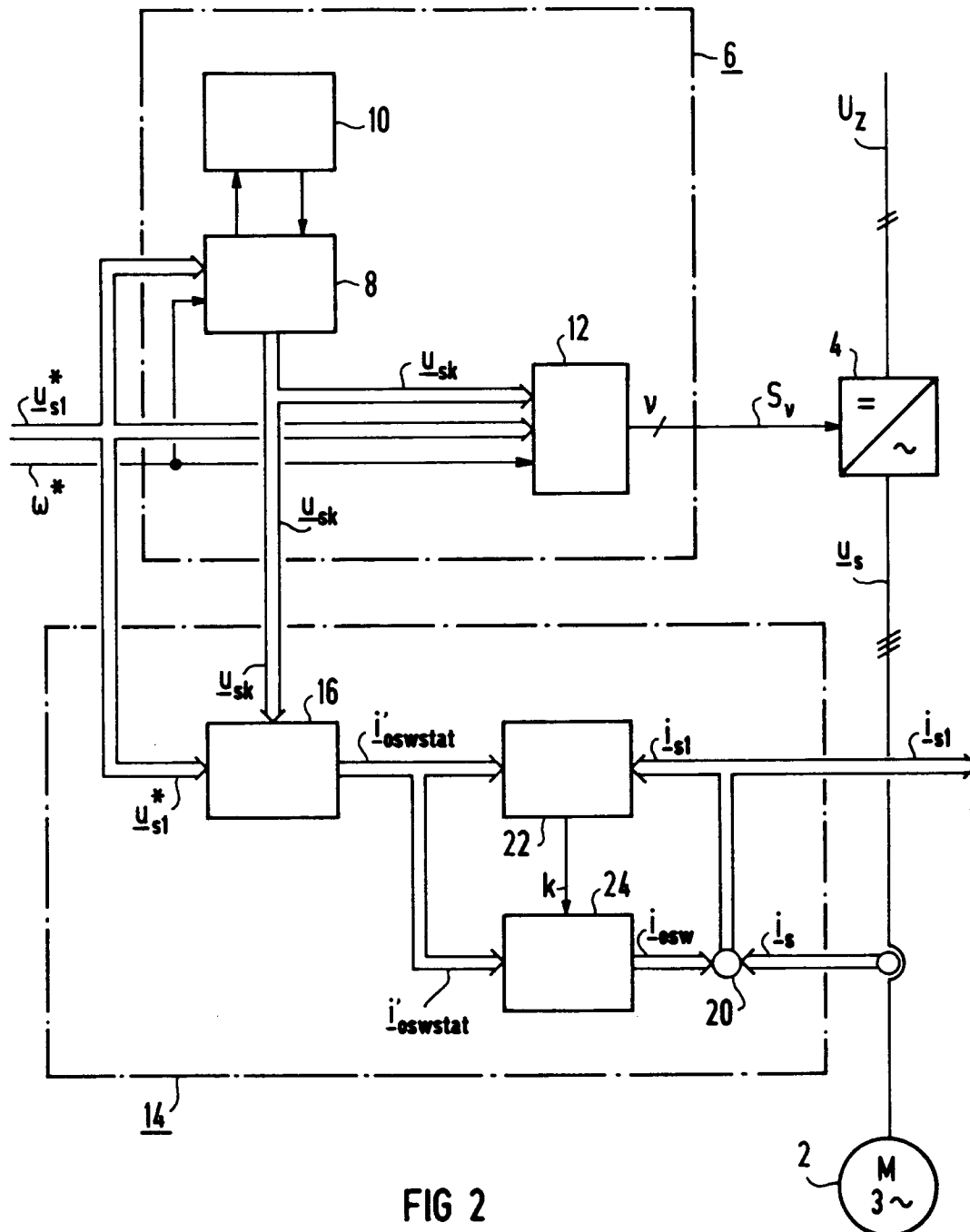


FIG 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 91 11 1162

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	US-A-4 964 027 (COOK, ET AL) 16. Oktober 1990 * Zusammenfassung; Abbildung 1 * ---	1,2	H02P5/40 H02M1/12
A	WO-A-9 103 867 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 21. März 1991 * Anspruch 1; Abbildung 3 * ---	1,2	
D,A	WO-A-9 107 810 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 30. Mai 1991 * Anspruch 2 * -----	1-3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			H02P H02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 03 MAERZ 1992	Prüfer BOURBON R.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			